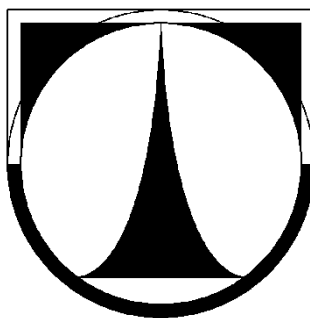


Technická univerzita v Liberci  
Fakulta strojní



Vojtěch Příbyl

# **Řešení najíždění do výchozí referenční polohy u prototypu CNC stroje**

Bakalářská práce

2011

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Obor: Výrobní systémy

Zaměření: Výrobní systémy

## **ŘEŠENÍ NAJÍŽDĚNÍ DO VÝCHOZÍ REFERENČNÍ POLOHY U PROTOTYPU CNC STROJE**

### **SOLUTION APPROACHING TO THE DEFAULT REFERENCE POSITION OF PROTOTYPE CNC MACHINE**

KVS - VS - 98

Vojtěch Příbyl

Vedoucí práce: Ing. Petr Zelený, Ph.D.

Počet stran : 28  
Počet příloh : 3  
Počet obrázků : 24  
Počet tabulek : 3

V Liberci 19. 5. 2011

**TÉMA: ŘEŠENÍ NAJÍŽDĚNÍ DO VÝCHOZÍ REFERENČNÍ POLOHY U PROTOTYPU CNC STROJE**

**ANOTACE:** Práce shrnuje informace o užívaných způsobech najíždění do referenční polohy, typech k tomu používaných snímačů, porovnání jednotlivých snímačů s ohledem na přesnost a trvanlivost, zhodnocení přesnosti najíždění vzhledem k ručnímu polohování.

**THEME : SOLUTION APPROACHING TO THE DEFAULT REFERENCE POSITION OF PROTOTYPE CNC MACHINE**

**ANNOTATION:** The thesis summarizes information on the methods used in approaching the reference position, the types of sensors used, comparing the individual sensors in terms of accuracy and durability, evaluating the accuracy of approaching due to hand positioning.

Desetinné třídění:

**Klíčová slova:** snímač, referenční poloha, přesnost polohování

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů

Dokončeno: 2011

Archivní označení zprávy:

Počet stran : 28

Počet příloh : 3

Počet obrázků : 24

Počet tabulek : 3

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 19. 5. 2011

Podpis:

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu své práce, panu Ing. Petru Zelenému, Ph.D. za jeho rady ohledně zabudování snímačů do konstrukce stroje, měření odchylek polohy a za ostatní pomoc a rady při tvoření této práce. Dále bych chtěl poděkovat také panu Ing. Petru Kellerovi, Ph.D., za to, že mě seznámil s problematikou najíždění do referenční polohy a se způsoby najíždění u jednotlivých strojů v laboratořích KVS. Pomohl mi také s výběrem snímačů a zařídil jejich objednání.

## Obsah

Seznam zkratk a symbolů .....	7
1. Úvod .....	8
2. Cíl bakalářské práce .....	8
3. Prototyp stroje .....	9
4. Způsob stanovování referenční polohy .....	10
4.1 Současný způsob stanovování výchozí referenční polohy u prototypu stroje ..	10
4.2 Rozbor stanovování referenční polohy u strojů podobné konstrukce .....	10
5. Druhy snímačů .....	12
5.1 Mechanické spínače .....	12
5.2 Indukční snímače .....	13
5.3 Kapacitní snímače .....	13
5.4 Optické snímače .....	14
6. Zvolení nejvhodnějšího typu snímače .....	15
6.1 Porovnání jednotlivých snímačů .....	15
6.2 Zakoupené snímače .....	16
7. Instalace snímačů na prototyp stroje .....	17
7.1 Umístění snímačů .....	17
7.2 Zapojení a zprovoznění snímačů .....	19
8. Najíždění do referenční polohy stroje .....	20
8.1 Porovnání s původním stavem .....	20
8.2 Vyhodnocení naměřených dat .....	21
9. Závěr .....	24
Seznam použité literatury .....	26
Seznam příloh .....	28

## **Seznam zkratk a symbolů**

CNC - Computer Numerical Control - počítačem řízený stroj

KVS – katedra výrobních systémů

V – volt

DP – dálkový panel

## 1. Úvod

V dnešní době si člověk už nedokáže představit život bez strojírenského průmyslu a jeho výrobků. Ať už se jedná o drobnost v podobě propisky, s kterou denně píšeme nebo dopravní prostředek, bez kterého bychom se jen stěží dopravili do práce, do školy nebo domů. I přes ohromné rozdílnosti těchto výrobků mají jedno společné, a tím jsou výrobní stroje (tj. obráběcí nebo tvářecí).

Každý výrobek je nutno vyrobit v požadované přesnosti. V přesnosti, která nám třeba zaručí, že dvě součásti do sebe zapadnou přesně tak, jak mají. Dnešní CNC obráběcí stroje se nacházejí již v šesté vývojové generaci, kdy se přesnost pohybuje až v desetině mikrometru. Někdy stačí přesnost malá, v řádu několika milimetrů, což může být například u strojů zpracovávající dřevo. Oproti tomu při výrobě spalovacího motoru do automobilu se vyžaduje opracovávat součástky s co nejvyšší možnou přesností. Ta právě zaručí dobrý výkon a dlouhou životnost.

Má-li být výrobek přesně opracovaný, musí i stroj pracovat s dokonalou přesností. Každé obrábění začíná s nájездem do výchozí referenční polohy, kde se sjednotí souřadný systém stroje s řídicím systémem. Od této chvíle je stroj seřízený a připravený k obrábění. Samotný proces obrábění řídí u moderních strojů počítač a záleží tedy pouze na tom, jak přesně je daný stroj vyroben, protože i sebemenší vůle na vedení os nebo kdekoli jinde se projeví na přesnosti obrábění.

## 2. Cíl bakalářské práce

Hlavním cílem je zjednodušení, zrychlení a zpřesnění najíždění do referenční polohy stroje, protože současný způsob je náročný na obsluhu a na čas potřebný k seřízení stroje. K tomu je zapotřebí umístit vhodný druh snímačů na konstrukci stroje tak, aby do budoucna nepřekážely pro případné doplnění stroje o další příslušenství.

Úkolem je zhodnocení způsobů, jakými lze do referenční polohy najíždět a určit, který způsob bude pro daný stroj nejlepší.

Dalším úkolem je vytvoření jednoduchého manuálu pro obsluhu stroje, díky němuž se rychle a snadno spustí daný prototyp stroje. Je zapotřebí, aby člověk, který daný stroj nezná, mohl dle instrukcí v manuálu začít pracovat se strojem. Měl by z něho vyčíst základní úkony, jako zapnutí či vypnutí stroje, způsob pohybu po osách,



nastavování rychlosti, otáček a podobně. Předpokládá se, že případná obsluha má znalosti z ovládání CNC obráběcích strojů.

### 3. Prototyp stroje

Prototyp stroje, na kterém mají být prováděny úpravy, se nachází v prostorách laboratoří KVS. Návrh a konstrukci stroje provedl Ing. Petr Zelený, Ph.D. jako svou disertační práci. V současné době slouží prototyp jako obráběcí stroj snadno obrobitelných materiálů (umělé dřevo). Jako řídicí systém je použit Siemens Acramatic 2100. Stroj je řízen analogově. Technické specifikace stroje jsou uvedeny v tab. 1.

Pracovní prostor stroje [mm]	229 x 234 x 127		
Posuv [m/min]	10		
Zrychlení [m/s <sup>2</sup> ]	0,5		
Přesnost polohování [mm]	X ±0,08	Y ±0,04	Z ±0,04
Tuhost ve směru os [N/μm]	X – 0,25	Y – 0,14	
Pohon - mechanismus	ozubený řemen		
Pohon - motor	servopohon YASKAWA – 400 W; 1,27 Nm; 3000 ot/min		
Řídicí systém	Acramatic 2100		
Vřeteno	IBAG HF 45.2 S 80 CP – 375 W; 5000 – 50000 ot/min		

Tab. 1 Technické parametry prototypu CNC stroje [14]



Obr. 1 Prototyp CNC stroje

## 4. Způsob stanovování referenční polohy

### 4.1 Současný způsob stanovování výchozí referenční polohy u prototypu stroje

Současný způsob stanovování výchozí referenční polohy stroje je zajištěn nalepenými terčíky v příslušných místech, viz obr. 2. Obsluha stroje musí co nejpřesněji sjednotit dva malé terče na každé ose ručně. Tento způsob je jednoduchý, ale velký vliv zde hraje lidský faktor. V případě přerušení práce a současně vypnutí stroje, musí obsluha při pokračování v práci najet na referenční polohu znovu. Obsluha se na tento úkon musí soustředit, aby najela stejně přesně na rysky terčků jako posledně. Zde je zapotřebí co nejvyšší přesnost opakovatelnosti nájezdu nulové polohy stroje, což by měly zlepšit k tomu určené snímače.



Obr. 2 Terčíky, podle kterých se najíždí (osa X a Z)

### 4.2 Rozbor stanovování referenční polohy u strojů podobné konstrukce

U strojů podobné konstrukce se referenční poloha stanovuje pomocí snímačů. Typ snímače se volí podle požadované přesnosti. Obecně platí, že čím vyšší opakovatelnou přesnost, odolnost a životnost snímač zaručuje, tím vyšší je jeho cena. Důležité je také v jakém prostředí má snímač pracovat. Některý se hodí i do prašného prostředí, jiný snese vysoké teploty.

V laboratořích KVS se nachází hned několik strojů, které řeší nájezd do výchozí referenční polohy různými způsoby. Největší stroj, který má katedra k dispozici je multifunkční obráběcí centrum Mazak INTEGREX 100 - IV, viz obr. 3. Pro nájezd do výchozí referenční polohy jsou použity optické snímače, které odměřují přesnou polohu

přímo z pravítka. Nejprve obsluha stroje najíždí ručně směrem do referenční polohy. Kousek před optickými snímači zaregistruje stroj nájezd do reference pomocí indukčních snímačů, které se nacházejí kousek před optickými. V tento okamžik přestane přijímat povely z ovládacího panelu. Automaticky se nastaví rychlost definovaná pro nájezd do reference a dojde sám až na optické snímače.

Dalším strojem je malý CNC soustruh EMCO turn 120 (obr. 4), u kterého jsou použity malé válcové indukční snímače. Nájezd do reference je zde zcela zautomatizovaný. Po stisknutí příslušného tlačítka najede stroj do referenční polohy sám, hodnoty dané pozice se nastaví jako výchozí a stroj je připraven k obrábění.

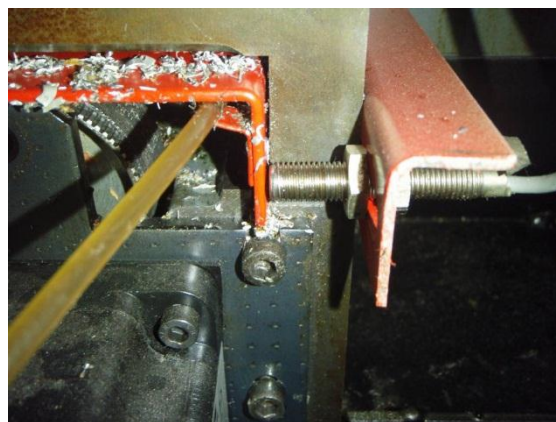


Obr. 3 Mazak INTEGREX 100 - IV



Obr. 4 Soustruh EMCO turn 120

Nachází se zde ještě malá CNC frézka EMCO VMC – 100, která má najíždění do referenční polohy vyřešeno také pomocí indukčních snímačů, viz obr. 5. Nájezd se provádí ručně. Nejprve se najede do reference osou Z a potom se zbývajícími osami X a Y. Praktická přesnost najíždění je zde kolem 0,1 mm, což je pro daný stroj dostačující.



Obr. 5 Frézka EMCO VMC – 100 (vlevo) a její indukční snímač pro osu Y (vpravo)

## 5. Druhy snímačů

Na strojích, které se nacházejí v laboratořích KVS, jsou použity k najíždění do referenční polohy stroje indukční, popřípadě optické snímače. Existují ovšem i další typy snímačů polohy jako mechanické nebo kapacitní. Každý druh má své specifické vlastnosti, a proto můžeme jednotlivé druhy hodnotit a porovnávat mezi sebou z hlediska přesnosti, spolehlivosti, velikosti a v neposlední řadě i podle ceny.

### 5.1 Mechanické spínače

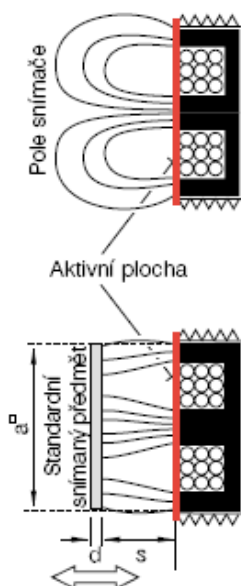
Mechanické spínače se řadí mezi levnější. Vyrábějí se různé tvary a velikosti pouzder, s různým stupněm krytí. Jejich cena se pohybuje řádově od desítek korun při zpracování ve velikosti mikrospínačů, jejichž velikost může být např. 28x10x16 mm. Velikost spínačů v klasickém provedení pro použití jako koncové spínače je např. 40x40x80 mm. Opakovatelná přesnost není vysoká, a proto se nehodí pro použití při nájezdu do referenční polohy stroje. Protože se tyto spínače řadí mezi kontaktní, dochází k opotřebování stykových ploch. Používají se tam, kde není požadavek vysoké přesnosti. U obráběcích strojů je můžeme nejčastěji vidět jako koncové spínače, které slouží pouze jako bezpečnostní prvek. Při správné funkci stroje by však neměly být vůbec potřeba, protože kromě obsluhy stroje hlídají bezpečné vzdálenosti os, ve většině případů, také softwarově nastavené limity.



Obr. 6 Koncový spínač s nastavitelnou páčkou a kladkou (vlevo), s tlačítkem (uprostřed) a mikrospínač (vpravo) [11]

## 5.2 Indukční snímače

Jedná se o bezkontaktní snímače s prakticky neomezenou životností. Princip snímání je vidět na obr. 7. Je založen na cívce, která vytváří střídavé elektromagnetické pole. Dostane-li se do tohoto pole jakýkoliv kovový předmět, elektronika ve snímači to okamžitě vyhodnotí. Díky této jednoduché konstrukci jsou indukční snímače poměrně levné. Vyrábí se v dvojím provedení a to buď v klasickém kruhovém, nebo jako kvádr, viz obr. 8. Snímač kruhového průměru má tu výhodu, že se dá velice lehce nastavit snímaná vzdálenost díky metrickému závitu, který tvoří převážnou část jeho těla. Ideální vzdálenost snímaného předmětu se pohybuje asi od 1 mm u malých snímačů průměru M6,5 až po 30 mm u snímačů velikosti M40 (u kvádrového typu je to obdobné). Můžou být použity v těch nejnáročnějších podmínkách, protože znečištění a další nepříznivé okolní vlivy jejich funkci těžko zabrání.



Obr. 7 Princip indukčního snímače [1]



Obr. 8 Indukční snímače [2]

## 5.3 Kapacitní snímače

Kapacitní snímače jsou založeny na principu kondenzátoru s proměnnou kapacitou. V praxi fungují velice podobně jako snímače indukční. Hlavní rozdíl je, že kapacitní detekují změnu kapacity ve snímané oblasti jakéhokoliv materiálu. Tudiž kromě kovového materiálu dokážou rozpoznat například i přítomnost oleje. Zvládají snímání i přes nekovové materiály, z čehož plyne, že se mimo jiné výborně hodí i jako detektor hladiny vody, oleje nebo sypkých hmot přes stěnu nekovové nádoby. Používají



se také na kontrolu množství výrobků na balících linkách nebo na přítomnost samotných výrobků. Nachází uplatnění při řízení vypouštění či napouštění vodních nádrží. Díky principu snímání je pomocí kapacitních snímačů možné měřit i tloušťku dřeva při jeho zpracovávání.

Vyrábějí se ve stejných tvarech jako předešlé snímače, tedy v pouzdře ve tvaru kvádru nebo válce se závitem pro nastavování polohy (viz obr. 9). Kapacitní snímače jsou oproti indukčním o trochu větší. Výhodou těchto snímačů je bezdotykové snímání, díky čemuž nevzniká žádné opotřebování. Výstupní signál je bez záskmitů. Přesnost snímání se pohybuje kolem 0,5 mm.



Obr. 9 Kapacitní snímač [11]

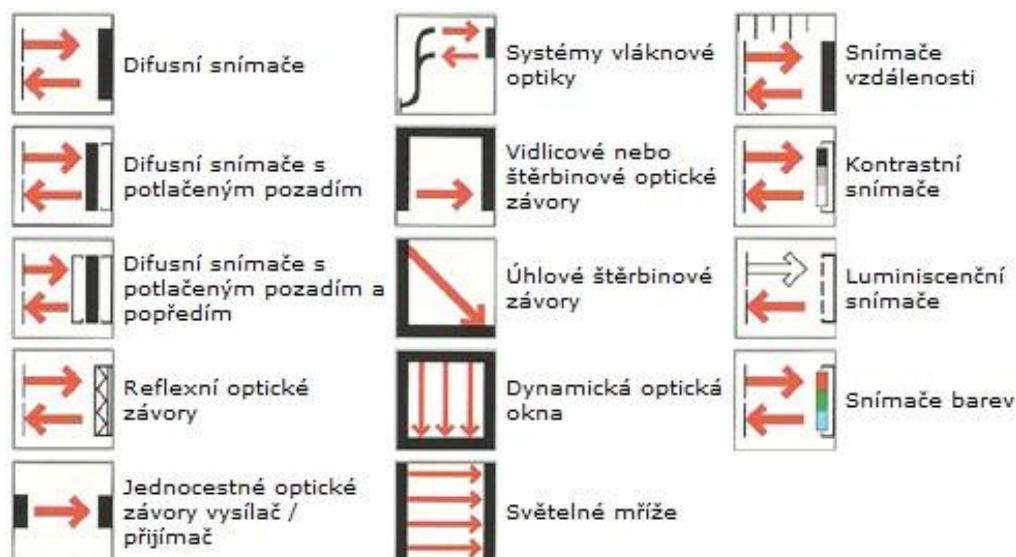


Obr. 10 Reflexní optoelektronický snímač [11]

## 5.4 Optické snímače

Vůbec nejpresnější způsob snímání polohy je pomocí optiky. Tento způsob zajišťuje opakovatelnou přesnost řádově v tisícinách milimetru. Optické snímače by se daly rozdělit podle způsobu fungování na reflexní (obr. 10), reflexní s odrazkou, na principu vysílač – přijímač. Některé dokážou rozpoznat i barvu snímaného předmětu. Různé způsoby optického snímání jsou znázorněny na obr. 11. Dosah snímání se pohybuje podle druhu snímače od 0 až po několik metrů. Využití těchto snímačů je široké, od použití jako světelné závory v délce několika metrů až po snímání referenční polohy stroje.

Opět se i tyto snímače vyrábějí ve tvaru válce nebo kvádru. Nevýhodou je cena, která se pohybuje asi od 1000 Kč až po několik tisíc podle druhu. Další nevýhoda je náchylnost na prашné či jinak znečištěné pracovní prostředí. Výhoda je rychlé bezkontaktní a přesné snímání.

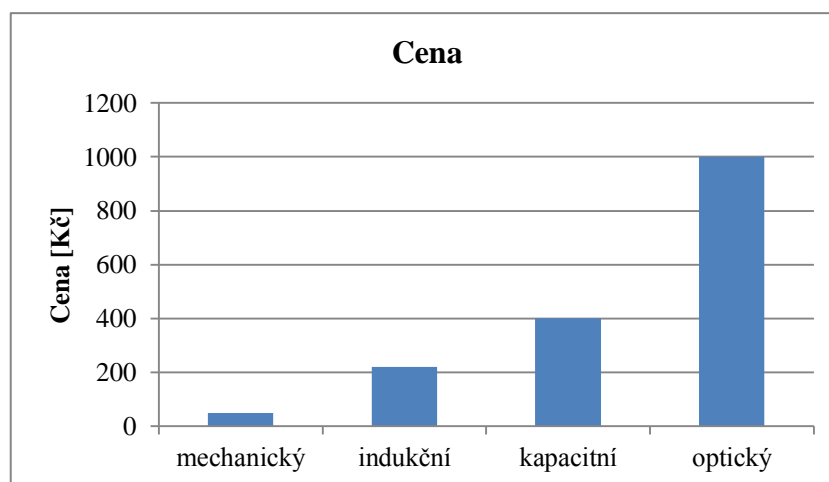


Obr. 11 Způsoby optického snímání [1]

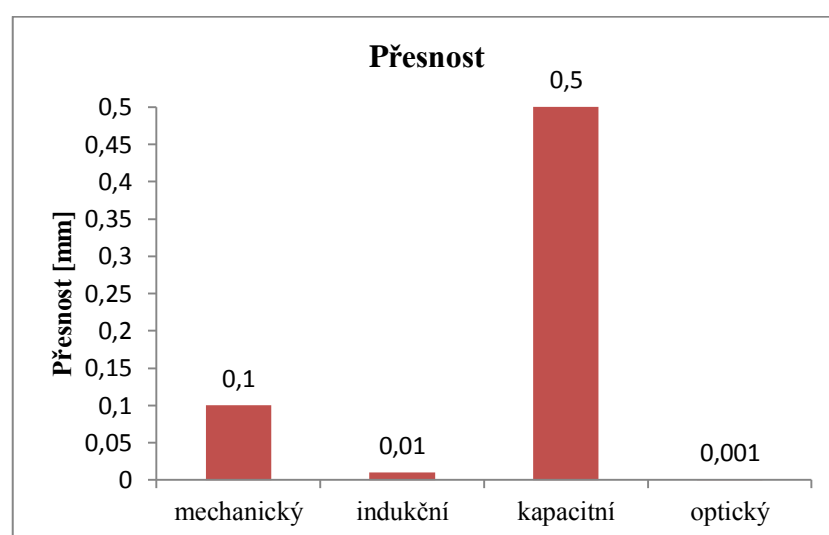
## 6. Zvolení nejvhodnějšího typu snímače

### 6.1 Porovnání jednotlivých snímačů

Porovnání snímačů se provedlo z hlediska ceny a přesnosti. Ekonomicky nejprůzračnější variantou by bylo zvolení mechanického mikropsínače, ovšem opakovatelná přesnost by nebyla dostačující. Další jejich nevýhodou je kratší životnost, protože z důvodu jejich principu založeného na mechanickém spínání nevydrží tak dlouho jako ostatní typy snímačů. Kapacitní snímače se pro daný způsob přesného najíždění nehodí, protože jejich udávaná přesnost se pohybuje kolem 0,5 mm. Z hlediska přesnosti jsou na tom jasně nejlépe optické snímače, jak je vidět z obr. 13. Jejich cena se ale pohybuje řádově od tisíce korun nahoru. Pro daný prototyp CNC stroje bude dostačující deklarovaná přesnost opakovaného snímání setina milimetru. Proto by měly dostatečně vyhovovat indukční snímače, které jsou i z hlediska finanční stránky za přijatelnou cenu. Typ, který byl vybrán, stál 220 Kč. Nejedná se o stroj, na který by byl kladen důraz na největší přesnost za každou cenu.



Obr. 12 Porovnání snímačů z hlediska ceny



Obr. 13 Porovnání snímačů z hlediska přesnosti snímání

## 6.2 Zakoupené snímače

K zakoupení snímačů byl zvolen internetový obchod CNCshop [2], který nabízí široký sortiment příslušenství k CNC strojům. Podle manuálu ke stroji se zjistilo, že je potřeba snímač typu NPN rozpínací s možností připojení na stejnosměrné napětí o velikosti 24 V.

Zakoupený typ má označení LM8-3001NB [3] (je to ten samý snímač, který se nachází dole na obr. 8). Cena těchto snímačů byla 220 Kč za kus, což je velice příznivá cena.



Důležité parametry:

Opakovatelná přesnost: 0,01 mm

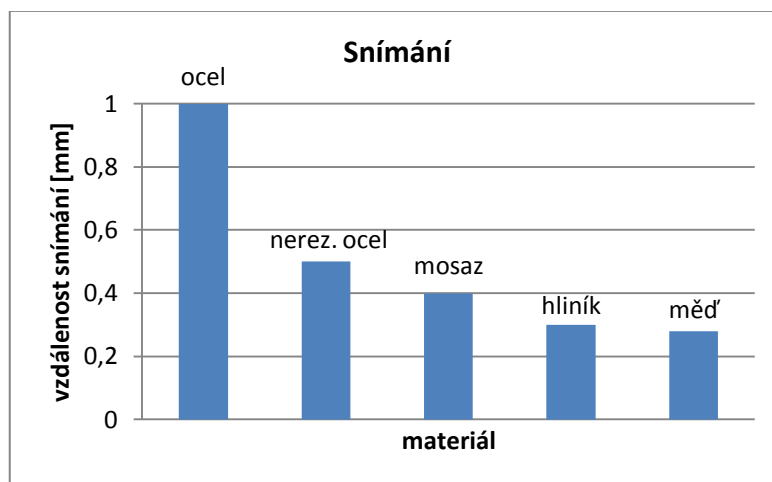
Detekční vzdálenost: 1 mm (pro ocel)

## 7. Instalace snímačů na prototyp stroje

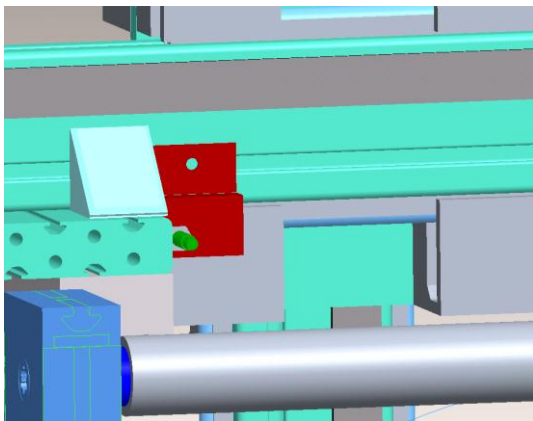
### 7.1 Umístění snímačů

Zabudování snímačů do konstrukce stroje je provedeno s ohledem na používání a případné upravování stroje, aby snímače do budoucna nepřekážely. Všechny snímače se nachází v krajních polohách pracovního prostoru a jsou v zadní části stroje.

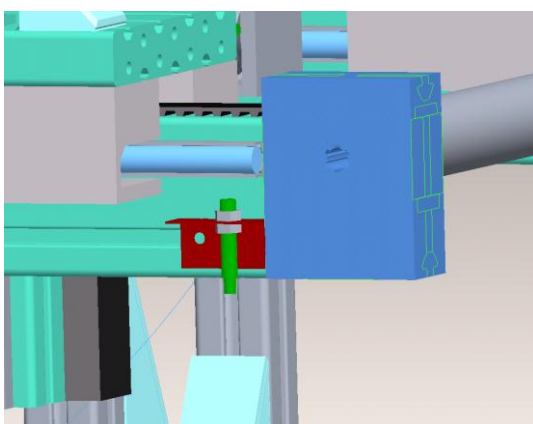
Každý snímač je upevněn na ocelovém plechu o tloušťce 1,5 mm. Na ose X a Y je plech přišroubován jedním šroubem do drážky v hliníkovém profilu, z kterého je vytvořena celá konstrukce stroje. V případě potřeby je jejich vzdálenost díky tomuto upevnění v drážkách jednoduše nastavitelná. Nastavování polohy u třetího snímače řeší posunovatelný kovový předmět, který je přišroubovaný v drážce na ose Z. Proti němu se nachází nastavený snímač, který zastaví stroj při najetí předmětu do snímaného prostoru. Snímaným předmětem v případě osy X a Y je kovová konstrukce vedení na příslušné ose. Udávaná detekční vzdálenost snímače pro ocel je 1 mm. Tato vzdálenost se nastavila u osy Z, kde je snímáný předmět z oceli. Pro osu X a Y se podle návodu přiloženého ke snímačům (obr. 14) nastavila vzdálenost hlavy snímače od vedení os asi 0,3 mm, protože je vedení ze slitiny hliníku.



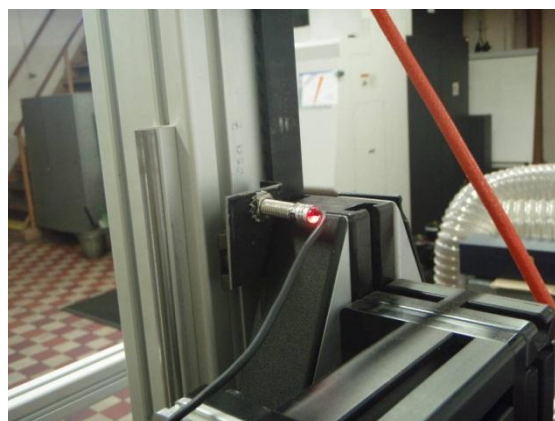
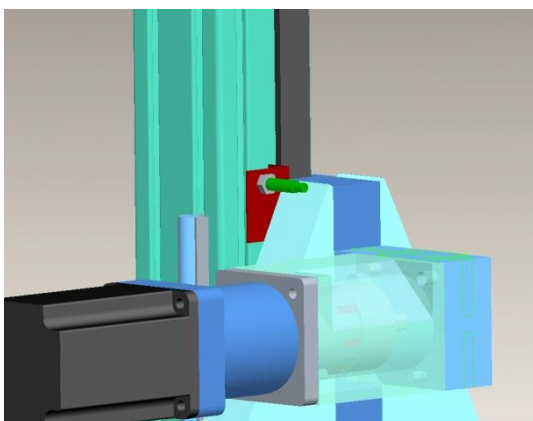
Obr. 14 Vzdálenost snímání podle materiálu [7]



Obr. 15 Umístění snímače na ose X (návrh a realizace)



Obr. 16 Umístění snímače na ose Y

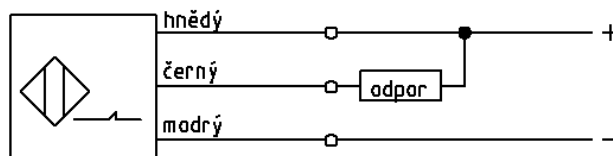


Obr. 17 Umístění snímače na ose Z

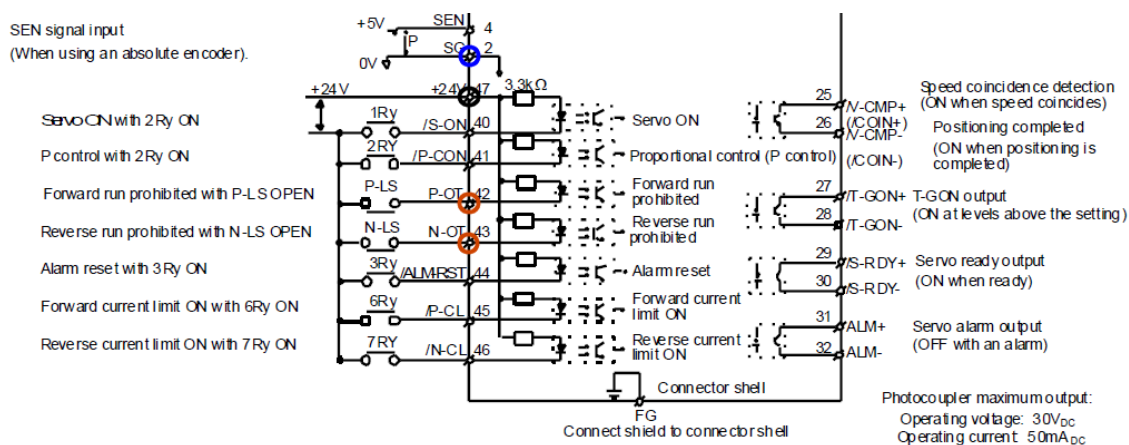
## 7.2 Zapojení a zprovoznění snímačů

Zapojení snímačů se provedlo podle manuálu (obr. 18), který je dodáván výrobcem obslužného systému stroje. Každý zakoupený snímač měl 3 vodiče. Podle jednoduchého návodu (obr. 19), který byl součástí balení snímačů, se zjistilo, kam jednotlivé vodiče patří. Černý se přivedl na kladné stejnosměrné napětí o velikosti 24 V a modrý na záporné napětí. Hnědý kabel vyhodnocuje, zda má snímač rozepnout obvod. Jeho zapojení se provedlo podle toho, na kterou stranu jsme chtěli zakázat pohyb stroje při najetí na snímač. Zapojení do zdířky označené číslem 42 zakázalo pozitivní směr, zatímco zapojení do zdířky 43 negativní směr.

NPN NC typ

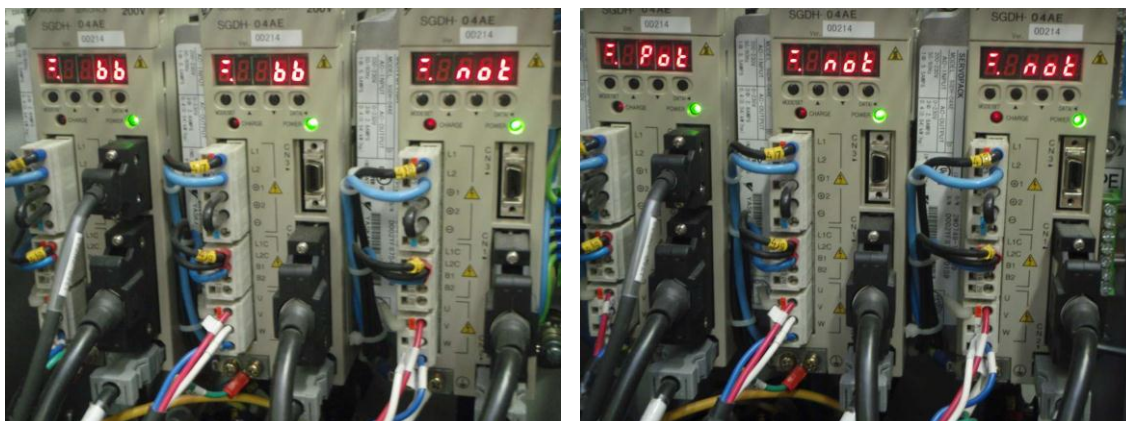


Obr. 18 Schéma zapojení přiložené k zakoupeným snímačům [6]



Obr. 19 Schéma zapojení pro snímače s vyznačenými místy pro kabely [13]

Po zapojení snímačů se musely ještě nastavit příslušné parametry do řídicí jednotky servomotoru, viz obr. 20. Šlo o zapnutí stavu přítomnosti snímačů na stroji a nastavení v jakém směru se stroj může po najetí na snímač pohybovat, jestli v negativním nebo pozitivním.



Obr. 20 Řídící jednotky servomotorů pouze s osou Z v referenční poloze (vlevo) a při nájezdu v referenční poloze stroje (vpravo)

Po spuštění stroje se jednotlivé osy odzkoušely. Osa Y fungovala bez problému. Při najetí do nulové polohy v ose X stroj nezastavil, bylo tedy potřeba zaměnit negativní směr za pozitivní. Zvláštní bylo najíždění na osu Z, kdy po najetí na snímač vypnul servomotor, a rozeplula se brzda. To způsobilo volný pád osy Z až k bezpečnostní gumové zarážce. Provedlo se přepojení hnědého kabelu u snímačů na ose Z a X do druhé zdířky a nastavení příslušných parametrů do řídicí jednotky pro změnu směru. Po spuštění stroje osa X fungovala, ale osa Z se chovala stále zvláštně. Po najetí na snímač sebou nepříjemně trhala. Díky manuálu se přišlo na to, že bylo zapotřebí nastavit režim zero clamp mode, díky kterému se nepříjemné trhání eliminovalo. Nastavení tohoto režimu se provedlo i na dvou zbývajících osách. Zlepšení bylo zřejmé a tak stroj byl připraven k najíždění do výchozí referenční polohy.

## 8. Najíždění do referenční polohy stroje

### 8.1 Porovnání s původním stavem

Po zabudování a zprovoznění snímačů se stroj otestoval a porovnal se stavem, kdy se najíždělo ručně. Provedlo se to tak, že se nejprve umístil a zajistil úchylkoměr na pozici ručního snímání, které se provádělo pomocí terčů. Terčíky se nenachází úplně na kraji pracovního prostoru jako zabudované snímače. Bylo tedy možné ruční nájezd do referenční polohy provést bez jakékoliv deaktivace indukčních snímačů. Najetí na referenční terčíky se zopakovalo 10x. Při každém nájezdu se samozřejmě dbalo na co největší přesnost. Po ručním najíždění se musel úchylkoměr přestavit na místo

indukčního snímání, tedy na samý okraj pracovního prostoru. Nejprve se nastavila rychlost pohybu na 100%, což je 5000 mm/min a opět se najíždělo 10x. Tentokrát stačilo držet na ovládacím panelu směr k referenčnímu snímači, který se o zastavení postaral. Nájezd se ještě zopakoval s 50% rychlostí a po té také s rychlostí nastavenou na 25%, tedy jen 1250 mm/min. Vše se provedlo pouze na ose X a Z. Osa Y se neměřila, protože princip najíždění na snímač je naprosto totožný s osou X.

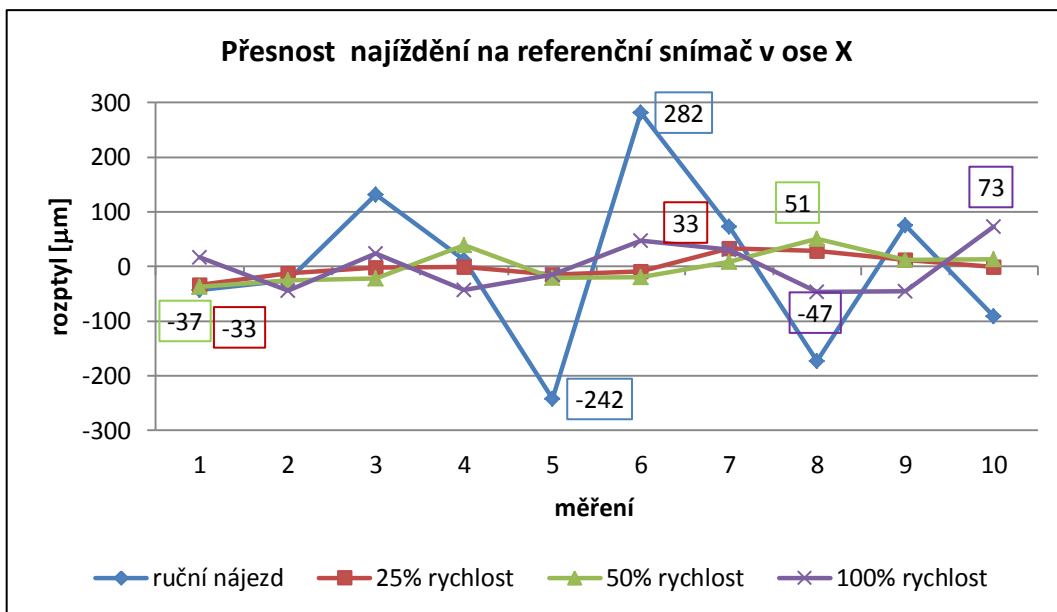


Obr. 21 Umístění úchylkoměru pro osu X (vlevo) a pro osu Z (vpravo)

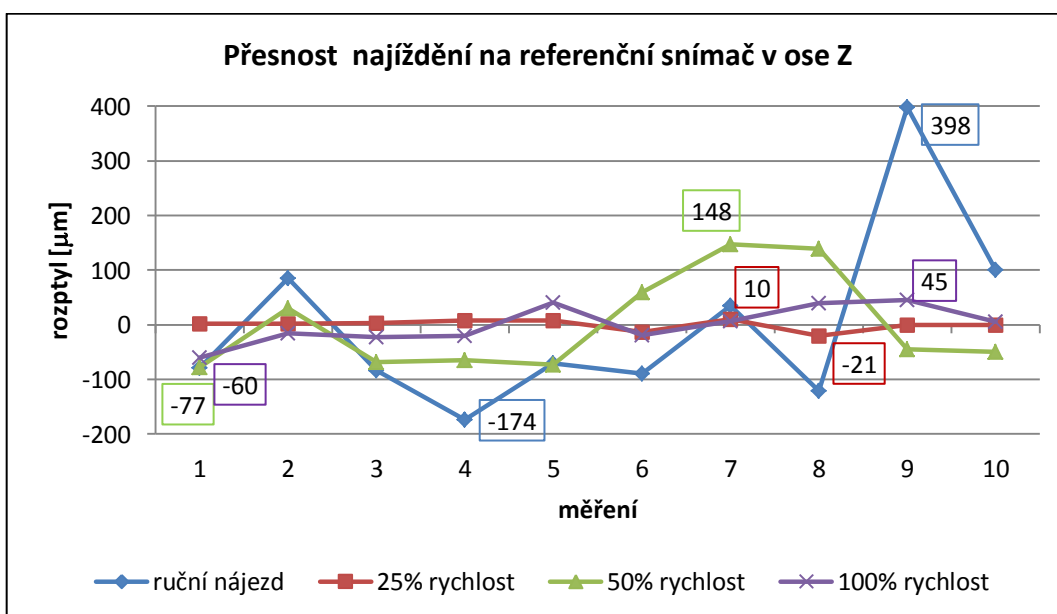
## 8.2 Vyhodnocení naměřených dat

Z naměřených dat se sestavily grafy, z kterých vyplývá, že oproti původnímu stavu došlo ke zpřesnění najíždění. Z obr. 22 je vidět, že odchylka ručního polohování na ose X může být klidně až kolem  $\pm 0,25$  mm, zatímco u najíždění do referenční polohy se zastavením indukčními snímači se maximální odchylka pohybuje až k  $\pm 0,06$  mm. Na dalším grafu (obr. 23) je znázorněné najíždění ve směru osy Z. Hodnoty maximálních odchylek se pohybují přibližně stejně jako na ose X, ale průběh nájezdu při 50% rychlosti probíhá poněkud zvláště. Je možné, že to není chyba samotného snímače. Mohlo to způsobit nedostatečné upevnění úchylkoměru nebo servomotor. Z těchto dvou grafů vyplývá (nebude-li se brát v potaz abnormální nájezd na osu Z při 50% rychlosti), že čím pomalejší nájezd se provádí, tím lepší opakovatelná přesnost se získá.





Obr. 22 Přesnost snímání na ose X



Obr. 23 Přesnost snímání na ose Z

Z naměřených hodnot se určily maximální odchylky, kterých lze teoreticky dosáhnout při opakovaném nájezdu, viz tab. 2. Je zřejmé, že pomalejším nájezdem dosáhneme vyšší přesnosti opětovného nájezdu do výchozí referenční pozice. Z tab. 3 je to patrné ještě více. Zde je spočítána průměrná odchylka opakovaného najíždění. Zjistilo se třeba, že průměrná opakovatelná přesnost najetí při 25% rychlosti (1250

mm/min) se pohybuje na obou měřených osách kolem 0,01 mm, což je dokonce i uváděná přesnost zakoupených indukčních snímačů.

	ručně	25%	50%	100%
osa X [ $\mu\text{m}$ ]	524	66	87	120
osa Z [ $\mu\text{m}$ ]	572	31	225	105

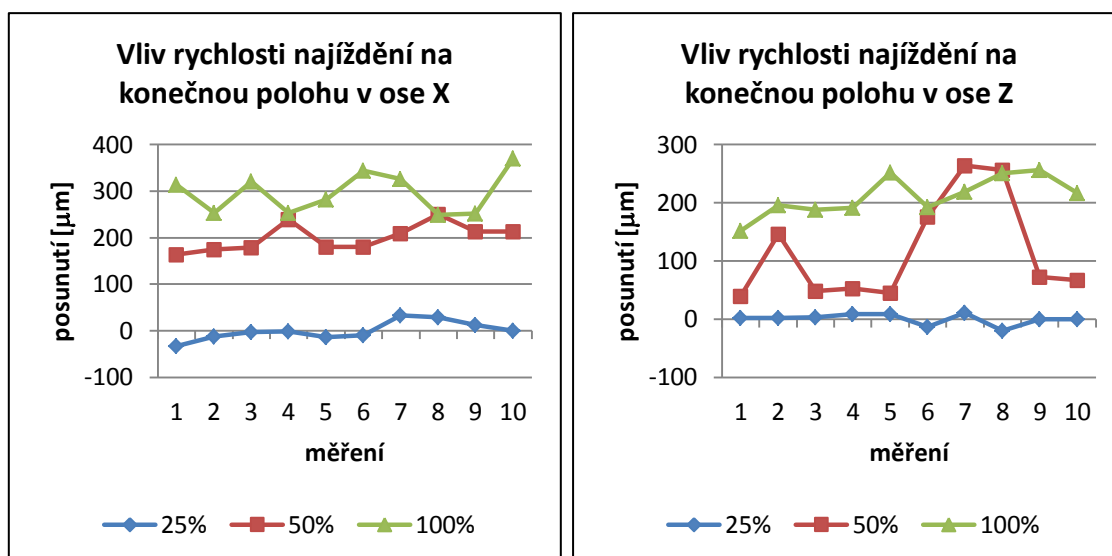
Tab. 2 Maximální odchylky najíždění v závislosti na rychlosti

	ručně	25%	50%	100%
osa X [ $\mu\text{m}$ ]	115	15	25	39
osa Z [ $\mu\text{m}$ ]	124	7	75	28

Tab. 3 Průměrné odchylky najíždění v závislosti na rychlosti

Při měření se také zjistilo, že při vyšší rychlosti stroj zastaví o kousek dál. To je způsobeno v důsledku setrvačných sil od hmotností pohybujících se částí stroje. V tomto ohledu by se mohla lišit i neměřená osa Y. Stroj při nájezdu na snímač ve zmíněném směru pohybuje největší částí konstrukce, včetně celé osy Z. Bude tu tedy pravděpodobně nejvyšší hmotnost vyvolávající setrvačné účinky pohybu, a tudíž i největší posunutí.

Posunutí je znázorněno na obr. 24. Při nájezdu 50% rychlostí se posunutí u osy X liší asi o 200  $\mu\text{m}$  oproti najetí při rychlosti nastavené na 25%. Najetí plnou rychlostí se projeví dalším posunutím asi o 100  $\mu\text{m}$ . S osou Z je to obdobné, jen jsou vzdálenosti dojezdu menší. Pohybují se okolo 200  $\mu\text{m}$  při nejvyšší rychlosti. Zřejmě je to způsobeno tím, že servomotor táhne hmotu nahoru proti gravitaci. Navíc se tu také uplatňuje brzda, která spíná v okamžiku najetí na snímač. Ze stejného důvodu je osa Z také o něco málo přesnější při opakovaném nájezdu.



Obr. 24 Vliv rychlosti nájezdu na posunutí referenční polohy stroje

Teoreticky by se odchylky opakovaného nájezdu na snímače daly eliminovat. Na servomotorech se nachází optické inkrementální odměřování, díky němuž by se nájezd do referenční polohy výrazně zpřesnil. Mohlo by to fungovat tak, že by se najelo na snímač a pak by jen dostal servomotor pokyn k pootočení na referenční rysku. Nynější přesnost najíždění ale prozatím plně dostačuje účelu, ke kterému stroj slouží.

## 9. Závěr

Tato práce dokázala upravit daný prototyp CNC stroje tak, že zjednodušila způsob najíždění do výchozí referenční polohy. Najíždění sice stále probíhá ručně, ale obsluha stroje už nemusí hlídat, jestli někam nenarazí. Nemusí se již odhadovat, jestli se právě takhle posledně najelo na terčiky, než se přerušila práce a vypnul stroj.

Součástí práce je jednoduchý manuál pro obsluhu (viz. Příloha I), díky kterému dokáže ovládat stroj kdokoliv, kdo má nějakou zkušenost s obráběním.

Z práce vyplynula skutečná přesnost, kterou jsou schopny zajistit indukční snímače. Přinesla informace o možnostech použití různých druhů snímačů a v čem jsou jejich hlavní rozdíly.

Najíždění do referenční polohy by se mohlo ještě více zpřesnit, nastavením parametrů v řídicím systému tak, aby se motory pootočili do polohy odpovídající referenční rysce v encodéru na pokyn obsluhy. Dále by se mohl celý proces najíždění do referenční polohy zautomatizovat. Mohlo by se přidat speciální tlačítko, popřípadě



použít nějaké stávající, pokud by to šlo. Po stisknutí takového tlačítka by stroj automaticky najel do výchozí polohy a tam by všechny osy vynuloval. Toto vylepšení bude pravděpodobně potřebovat znalosti z mechatroniky.

Dále se uvažovalo ještě o zabudování koncových snímačů do konstrukce stroje. Nakonec se od nich ale upustilo, protože obsluha na stroji aktivuje před prací softwarové limity. Případné selhání a nesepnutí referenčních snímačů a zároveň zapomenutí aktivování softwarových limitů obsluhou nezpůsobí náraz do samotné konstrukce stroje, ale zachytí ho gumové dorazy.

## Seznam použité literatury

- [1] BALLUFF CZ s.r.o. : Snímače pro automatizaci [online]. 2010 [cit. 2010-12-19]. Dostupné z WWW: [www.balluff.cz](http://www.balluff.cz)
- [2] CNCshop.cz : CNC & automatizace [online]. 2010 [cit. 2010-12-19]. Dostupné z WWW: [www.cncshop.cz](http://www.cncshop.cz)
- [3] CNCshop.cz : CNC & automatizace [online]. 2010 [cit. 2010-12-19]. LM8-3001 indukční snímač M8x1, kabel 1,5m. Dostupné z WWW: [www.cncshop.cz/lm8-indukcni-snimac-m8x1](http://www.cncshop.cz/lm8-indukcni-snimac-m8x1)
- [4] Honeywell Slovenská republika [online]. 2005 [cit. 2010-12-19]. Dostupné z WWW: [www.honeywell.sk](http://www.honeywell.sk)
- [5] Ifm elektronik [online]. 2010 [cit. 2010-12-19]. Technická prezentace produktů ifm elektronik s.r.o. Dostupné z WWW: <http://www.ifm.com/obj/Technicka-prezentace-ifm-electronic.pdf>
- [6] Instruction book : Instruction manual proximity switch. 200?. 6 s.
- [7] Kotlín Senzory s.r.o. [online]. 2010 [cit. 2010-12-19]. Dostupné z WWW: <http://www.kotlinsenzory.cz/cs/hlavni-stranka.html>
- [8] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. Strojnické tabulky. Úvaly : Albra, 2003. 868 s.
- [9] MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů : Speciální vydání MM Průmyslové spektrum. Září 2006. 282 s. ISSN 1212-2572
- [10] Pepperl+Fuchs, s. r. o. Indukční snímače slaví 50 let od svého vzniku. Automatizace [online]. Září 2008, 51, 9, [cit. 2010-12-19]. Dostupný z WWW: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=2291>
- [11] TME : Elektronické části a součástky [online]. 2010 [cit. 2010-12-19]. Dostupné z WWW: [www.tme.eu/cz](http://www.tme.eu/cz)

- [12] Wwww.C-N-C.cz : hoby cnc mašinky a jiné domácí cnc projekty - každý den nové informace [online]. 2006 [cit. 2010-12-19]. Dostupné z WWW:  
[www.c-n-c.cz](http://www.c-n-c.cz)
- [13] Yaskawa Electric America, Inc. Sigma II Series Servo System : User's Manual. U.S.A. : Yaskawa Electric America, 2002. 462 s.
- [14] ZELENÝ, Petr. Návrh a konstrukce prototypu víceúčelového CNC stroje. TUL, 2006. Dizertační práce. Technická univerzita v Liberci

## Seznam příloh

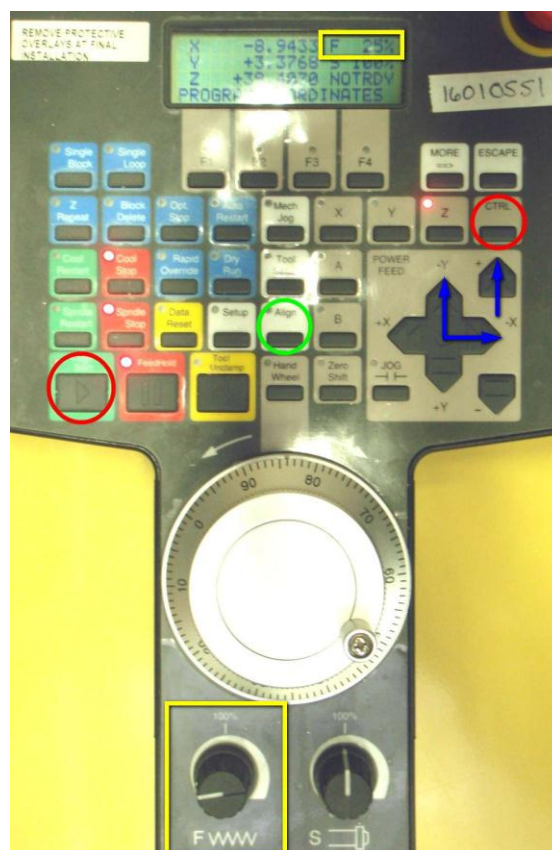
Příloha I - Manuál k obsluze stroje .....	1 list
Příloha II - Tabulky naměřených a spočítaných hodnot .....	3 listy
Příloha III - Výrobní výkresy plechů pro upevnění snímačů	
4 – KVS – VS – 98 – 01	
4 – KVS – VS – 98 – 02	
4 – KVS – VS – 98 – 03	

## Příloha I - Manuál k obsluze stroje

1. Zapnutí hlavního vypínače na rozvaděči do polohy 1 (obr. 1)
2. Po spuštění systému stisknout na DP CTRL + Cycle Start (aktivace řídicího systému, viz obr. 2 – červeně označeno)
3. Stisknout zelené tlačítko START na rozvaděči (rozsvítí se zelená kontrolka, která značí připojení servomotorů)
4. Najetí do referenční polohy pomocí šipek na DP – osou X doprava, osou Y dozadu a osou Z nahoru (viz obr. 2 – modře označeno), doporučená rychlost najíždění – 25% (viz obr. 2 – žlutě označeno)
5. Na DP stisknout tlačítko Align (viz obr. 2 – zeleně označeno), pak zmáčknout Axes ALIGN (tlačítko F1) a aktivovat Axes LIMITS (tlačítko F2)
6. Stroj je připraven k práci (programování, obrábění)



Obr. 1 Rozvaděč



Obr. 2 Dálkový panel

**Příloha II -** Tabulky naměřených a spočítaných hodnot

Číslo měření	Ručně [μm]	25% [μm]	50% [μm]	100% [μm]
1	484	305	502	652
2	502	326	513	591
3	658	336	517	659
4	539	337	577	592
5	285	324	518	620
6	809	329	519	682
7	600	371	547	665
8	354	367	589	588
9	602	350	551	590
10	436	338	552	708

Tab. 1 Naměřené hodnoty v ose X

Číslo měření	Ručně [μm]	25% [μm]	50% [μm]	100% [μm]
1	-43	-33	-37	17
2	-25	-12	-26	-44
3	131	-2	-22	24
4	12	-1	39	-43
5	-242	-14	-21	-15
6	282	-9	-20	47
7	73	33	9	30
8	-173	29	51	-47
9	75	12	13	-45
10	-91	0	14	73

Tab. 2 Spočtená odchylka najíždění v ose X zaokrouhlená na celá čísla

Číslo měření	25% [ $\mu\text{m}$ ]	50% [ $\mu\text{m}$ ]	100% [ $\mu\text{m}$ ]
1	-33	164	314
2	-12	175	253
3	-2	179	321
4	-1	239	254
5	-14	180	282
6	-9	181	344
7	33	209	327
8	29	251	250
9	12	213	252
10	0	214	370

Tab. 3 Vzdálenost posunutí zastavované osy X vlivem najíždějící rychlosti

Číslo měření	Ručně [ $\mu\text{m}$ ]	25% [ $\mu\text{m}$ ]	50% [ $\mu\text{m}$ ]	100% [ $\mu\text{m}$ ]
1	294	266	303	415
2	458	266	410	459
3	290	267	312	452
4	199	272	316	455
5	303	272	308	516
6	284	250	440	456
7	408	274	528	482
8	252	243	520	514
9	771	263	336	520
10	474	263	331	480

Tab. 4 Naměřené hodnoty v ose Z

Číslo měření	Ručně [μm]	25% [μm]	50% [μm]	100% [μm]
1	-79	2	-77	-60
2	85	2	30	-16
3	-83	3	-68	-23
4	-174	8	-64	-20
5	-70	8	-72	41
6	-89	-14	60	-19
7	35	10	148	7
8	-121	-21	140	39
9	398	-1	-44	45
10	101	-1	-49	5

Tab. 5 Spočtená odchylka najíždění v ose Z zaokrouhlená na celá čísla

Číslo měření	25% [μm]	50% [μm]	100% [μm]
1	2	39	151
2	2	146	195
3	3	48	188
4	8	52	191
5	8	44	252
6	-14	176	192
7	10	264	218
8	-21	256	250
9	-1	72	256
10	-1	67	216

Tab. 6 Vzdálenost posunutí zastavované osy Z vlivem najíždějící rychlosti



